

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

NOTIFICATION CONCERNANT LA
TRANSMISSION DE DOCUMENTS

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

United States Patent and Trademark
Office
(Box PCT)
Crystal Plaza 2
Washington, DC 20231
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année)

22 août 1997 (22.08.97)

Demande internationale no

PCT/FR95/00854

Date du dépôt international

27 juin 1995 (27.06.95)

Déposant

RHONE-POULENC RORER S.A. etc

Le Bureau international transmet ci-joint le nombre de copies indiqué ci-après des documents suivants:

_____ copie de la traduction en langue anglaise du rapport d'examen préliminaire international (article 36.3)a))

Bureau international de l'OMPI
34, chemin des Colombettes
1211 Genève 20, Suisse

no de télécopieur: (41-22) 740.14.35

Fonctionnaire autorisé

K. Andreasson

no de téléphone: (41-22) 338.83.38

TRANSLATION PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference ST 94051	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR 95/00854	International filing date (day/month/year) 27.06.1995	Priority date (day/month/year) 29.06.1994
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC C12N15/86		
Applicant RHONE-POULENC RORER S.A. et al.		

1.	This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2.	This REPORT consists of a total of <u>7</u> sheets, including this cover sheet. <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT). These annexes consist of a total of <u>2</u> sheets.
3.	This report contains indications relating to the following items: <ul style="list-style-type: none"> I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of the invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability: citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 22.01.1996	Date of completion of this report 20.09.1996
Name and mailing address of the IPEA/ EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR 95/00854

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*

☒ the international application as originally filed.

☐ the description, pages _____, as originally filed.
 pages _____, filed with the demand.
 pages _____, filed with the letter of _____
 pages _____, filed with the letter of _____

☐ the claims, Nos. _____, as originally filed.
 Nos. _____, as amended under Article 19.
 Nos. _____, filed with the demand.
 Nos. _____, filed with the letter of _____
 Nos. _____, filed with the letter of _____

☐ the drawings, sheets/fig _____, as originally filed.
 sheets/fig _____, filed with the demand.
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____
 sheets/fig _____, filed with the letter of _____

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

☐ the description, pages _____

☐ the claims, Nos. _____

☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR 95/00854

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

| | | | |
|-------------------------------|--------|--------|-----|
| Novelty (N) | Claims | 1 - 28 | YES |
| | Claims | | NO |
| Inventive step (IS) | Claims | | YES |
| | Claims | 1 - 28 | NO |
| Industrial applicability (IA) | Claims | 1 - 28 | YES |
| | Claims | | NO |

2. Citations and explanations

1. This report mentions the following documents for the first time. The same numbering will also be used in the further proceedings:

D1: Nucleic Acid Research, vol. 21, 1993, pp. 1607-1612

D2: Brain Pathology, vol. 4, 1994, pp. 3 - 20

D3: EP-A-0 213 628

D4: EP-A-0 340 805

D5: Science, vol. 261, pp. 1047 - 1050.

2. The present application does not satisfy the criterion of PCT Article 33(3) since the subjects of claims 1 to 28 do not involve an inventive step (PCT Rule 65.1, 65.2).

D1, the closest prior art, describes a cDNA-carrying defective recombinant adenovirus coding for human catalase and its use for transferring cDNA into endothelial cells in order to increase intracellular anti-H₂O₂ protection.



11-11-11

The subjects of the present claims differ from D1 only in that the cDNA introduced into the retrovirus codes for superoxide dismutase (SOD).

The role of SOD in anti-oxidant defence mechanisms and its pharmacological properties, in particular in the treatment of neurodegenerative diseases, were known before the priority date of the present application (cf. D2, page 13, right-hand column, line 1 to page 14, right-hand column, line 12; D3, page 1, line 15 to page 3, line 21; D4, page 1, lines 13 to 15; and D5, abstract). The gene sequence coding for human superoxide dismutase and the corresponding cDNA were likewise known (cf. D3, page 3, line 30 to page 4, line 3, and D4, figures 4 and 5).

Therefore the subjects of claims 1 to 28 are merely the result of replacing the sequence coding for catalase in D1 by a known sequence coding for another enzyme which occurs in the same metabolic chain, superoxide dismutase, for the same purpose as the resultant adenovirus (the stable and localized expression of the enzyme inside the cell) and is, consequently, obvious to a person skilled in the art. The fact that these two enzymes occur at two different levels of the same metabolic chain (in fact these enzymes catalyse two successive reactions) would not dissuade a person skilled in the art from carrying out this replacement, all the less so in view of the numerous pharmacological properties of SOD described in D2 to D5.



INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR 95/00854

Moreover, given that this replacement appears to have no advantages other than those to be expected by a person skilled in the art familiar, from D1, with the advantages associated with the use of adenoviruses as vectors for transferring an alien gene and, from D2 to D5, with the pharmacological properties of SOD, the resultant adenovirus, its therapeutic use, a cell infected by such an adenovirus and a conventional implant comprising a plurality of these cells do not involve an inventive step.

3. Test results were submitted during the international preliminary examination. These tests are confidential and have not therefore been appended to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR 95/00854

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

The description did not cite D1 to D4, nor did it briefly outline the relevant prior art contained therein. The requirements of PCT Rule 5.1(a)(ii) have not, therefore, been satisfied.



3

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

| | | |
|--|---|---|
| Référence du dossier du déposant ou du mandataire
ST 94051 | POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après
A DONNER | |
| Demande internationale n°
PCT/FR95/00854 | Date du dépôt international (jour/mois/année)
27/06/95 | (Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année)
29/06/94 |
| Déposant
RHONE-POULENC RORER S.A. et al. | | |

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).
2. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).
3. ☐ La demande internationale contient la divulgation d'un listage de séquence de nucléotides ou d'acides aminés et la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage de séquence.

☐ déposé avec la demande internationale
☐ fourni par le déposant séparément de la demande internationale

☐ sans être accompagnée d'une déclaration selon laquelle il n'inclut pas d'éléments allant au-delà de la divulgation faite dans la demande internationale telle qu'elle a été déposée.

☐ transcrit par l'administration
4. En ce qui concerne le titre, ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.
☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:
5. En ce qui concerne l'abrégé,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant
☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.
6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la suivante:

Figure n° ☐ suggérée par le déposant.
☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.
☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

☒ Aucune des figures n'est à publier.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PC 95/00854

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 C12N15/86 A61K48/00 C12N9/02 A61K38/43

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 6 C12N A61K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|---|-------------------------------|
| Y | NUCLEIC ACIDS RESEARCH,
vol. 21, ARLINGTON, VIRGINIA US,
page 1607
ERZURUM SC ET AL 'PROTECTION OF HUMAN
ENDOTHELIAL-CELLS FROM OXIDANT INJURY BY
ADENOVIRUS-MEDIATED TRANSFER OF THE HUMAN
CATALASE CDNA'
voir le document en entier
--- | 1-29 |
| Y | BRAIN PATHOLOGY,
vol. 4,
page 3
AGUZZI A ET AL 'TRANSGENIC AND KNOCK-OUT
MICE - MODELS OF NEUROLOGICAL DISEASE'
voir page 1, ligne 1 - page 7, colonne de
gauche, alinéa 2

-/-- | 1-29 |

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 Octobre 1995

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17. 10. 95

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Gurdjian, D

49 01.11

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|---|-------------------------------|
| Y | EP,A,0 213 628 (YEDA RESEARCH AND DEVELOPMENT CPY LTD.) 11 Mars 1987
voir le document en entier
--- | 1-29 |
| Y | SCIENCE.,
vol. 261, LANCASTER, PA US,
page 1047
H.X. DENG ET AL. 'AMYOTROPHIC LATERAL...'
cité dans la demande
voir le document en entier
--- | 6,17,18 |
| Y | MEDECINE/SCIENCE,
vol. 9,
page 208
O.DANOS ET AL. 'REEIMPLANTATION ...'
voir le document en entier
--- | 23-29 |
| A | EP,A,0 340 805 (CHIRON CORP.) 8 Novembre 1989
voir revendications 1-14
--- | 5 |
| A | WO,A,90 06757 (UNIVERSITY OF CALIFORNIA)
28 Juin 1990
voir le document en entier
----- | 1,17,18 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/JP 95/00854

| Patent document
cited in search report | Publication
date | Patent family
member(s) | Publication
date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP-A-0213628 | 11-03-87 | AU-B- 598746 | 05-07-90 |
| | | AU-B- 6219186 | 05-03-87 |
| | | JP-A- 62115277 | 26-05-87 |
| ----- | | | |
| EP-A-0340805 | 08-11-89 | DE-A- 3485284 | 02-01-92 |
| | | EP-A, B 0138111 | 24-04-85 |
| | | EP-A- 0656418 | 07-06-95 |
| | | IE-B- 59518 | 09-03-94 |
| | | IE-B- 59492 | 09-03-94 |
| | | JP-A- 6165674 | 14-06-94 |
| | | JP-A- 60137286 | 20-07-85 |
| | | JP-A- 5192140 | 03-08-93 |
| | | WO-A- 8501503 | 11-04-85 |
| | | US-A- 5066591 | 19-11-91 |
| | | US-A- 5252476 | 12-10-93 |
| ----- | | | |
| WO-A-9006757 | 28-06-90 | US-A- 5082670 | 21-01-92 |
| | | CA-A- 2005567 | 15-06-90 |
| | | EP-A- 0449948 | 09-10-91 |
| | | JP-T- 4503351 | 18-06-92 |
| ----- | | | |



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

| | | |
|---|-----------|---|
| (51) Classification internationale des brevets ⁶ :
C12N 15/86, A61K 48/00, C12N 9/02,
A61K 38/43 | A1 | (11) Numéro de publication internationale: WO 96/00790
(43) Date de publication internationale: 11 janvier 1996 (11.01.96) |
| (21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR95/00854
(22) Date de dépôt international: 27 juin 1995 (27.06.95)
(30) Données relatives à la priorité:
94/08029 29 juin 1994 (29.06.94) FR
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): RHONE-POULENC RORER S.A. [FR/FR]; Direction Brevets, 20, avenue Raymond-Aron, F-92160 Antony (FR).
(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): BARKATS, Martine [FR/FR]; 7, rue Nicolas-Houel, F-75005 Paris (FR). MALLET, Jacques [FR/FR]; 18, rue Charcot, F-75013 Paris (FR). PERRICAUDET, Michel [FR/FR]; 31, rue de Chartres, F-28320 Ecrosnes (FR). REVAH, Frédéric [FR/FR]; Bâtiment Flandre 2, 49, rue de Châtenay, F-92160 Antony (FR).
(74) Mandataire: LE COUPANEC, Pascale; Rhône-Poulenc Rorer S.A., 20, avenue Raymond-Aron, F-92160 Antony (FR). | | (81) Etats désignés: AM, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, EE, FI, GE, HU, IS, JP, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LV, MD, MG, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SG, SI, SK, TJ, TT, UA, UG, US, UZ, VN, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), brevet ARIPO (KE, MW, SD, SZ, UG).

Publiée
<i>Avec rapport de recherche internationale.</i> |
| (54) Title: ADENOVIRUS INCLUDING A GENE CODING FOR A SUPEROXIDE DISMUTASE
(54) Titre: ADENOVIRUS COMPRENANT UN GENE CODANT POUR UNE SUPEROXYDE DISMUTASE
(57) Abstract
<p>A defective recombinant adenovirus including at least one DNA sequence coding for all or an active part of a superoxide dismutase or a derivative thereof. The therapeutical use thereof and corresponding pharmaceutical compositions are also disclosed.</p> (57) Abrégé
<p>La présente invention se rapporte à un adénovirus recombinant défectif comprenant au moins une séquence d'ADN codant pour tout ou une partie active d'une superoxyde dismutase ou un de ses dérivés. Elle vise également leur utilisation en thérapie et des compositions pharmaceutiques correspondantes.</p> | | |

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

| | | | | | |
|----|---------------------------|----|--|----|-----------------------|
| AT | Autriche | GB | Royaume-Uni | MR | Mauritanie |
| AU | Australie | GE | Géorgie | MW | Malawi |
| BB | Barbade | GN | Guinée | NE | Niger |
| BE | Belgique | GR | Grèce | NL | Pays-Bas |
| BF | Burkina Faso | HU | Hongrie | NO | Norvège |
| BG | Bulgarie | IE | Irlande | NZ | Nouvelle-Zélande |
| BJ | Bénin | IT | Italie | PL | Pologne |
| BR | Brésil | JP | Japon | PT | Portugal |
| BY | Bélarus | KE | Kenya | RO | Roumanie |
| CA | Canada | KG | Kirghizistan | RU | Fédération de Russie |
| CF | République centrafricaine | KP | République populaire démocratique de Corée | SD | Soudan |
| CG | Congo | KR | République de Corée | SE | Suède |
| CH | Suisse | KZ | Kazakhstan | SI | Slovénie |
| CI | Côte d'Ivoire | LI | Liechtenstein | SK | Slovaquie |
| CM | Cameroun | LK | Sri Lanka | SN | Sénégal |
| CN | Chine | LU | Luxembourg | TD | Tchad |
| CS | Tchécoslovaquie | LV | Lettonie | TG | Togo |
| CZ | République tchèque | MC | Monaco | TJ | Tadjikistan |
| DE | Allemagne | MD | République de Moldova | TT | Trinité-et-Tobago |
| DK | Danemark | MG | Madagascar | UA | Ukraine |
| ES | Espagne | ML | Mali | US | Etats-Unis d'Amérique |
| FI | Finlande | MN | Mongolie | UZ | Ouzbékistan |
| FR | France | | | VN | Viet Nam |
| GA | Gabon | | | | |

ADENOVIRUS COMPRENANT UN GENE CODANT POUR UNE SUPEROXYDE DISMUTASE

La présente invention concerne des adénovirus recombinants comprenant une
séquence d'ADN codant pour une superoxyde dismutase et ses utilisations en thérapie
génique.

L'oxygène occupe une place essentielle dans de nombreux processus
physiologiques ou pathologiques. La réduction de l'oxygène moléculaire provoque la
formation d'espèces chimiques hautement réactives comme le radical superoxyde, le
peroxyde d'hydrogène et le radical hydroxyle. Ce dernier, formé à partir du superoxyde
et du peroxyde d'hydrogène selon la réaction de Haber-Weiss, est le radical libre le
plus réactif. De part la présence d'un électron libre dans leur couche externe, ces
radicaux sont hautement réactifs. Cette réactivité peut être préjudiciable à l'égard de
molécules biologiques importantes telles que l'ADN, des protéines cellulaires
essentiels et les lipides membranaires. En outre, ces radicaux libres peuvent initier
des réactions en chaîne telle qu'une peroxydation lipidique qui peut altérer l'intégrité
des cellules et causer leur destruction.

Une série de mécanismes de défense antioxydants existe naturellement pour
réguler cette production de radicaux libres et prévenir des dommages de tissus et/ou
cellules.

C'est ainsi que la formation de ces entités hautement réactives est normalement
régulée ou inhibée par une dismutation de l'ion superoxyde, par l'enzyme superoxyde
dismutase, en peroxyde d'hydrogène, ce dernier étant ensuite converti en eau et
oxygène par soit la glutathion peroxidase soit la catalase.

Malheureusement, sous certaines conditions, ces mécanismes de régulation ne
sont pas totalement efficaces. Il s'en suit un excès en radicaux libres qui entraîne des
pathologies de type inflammations, emphysèmes, néoplasmes ou rétinopathies. Il est
ainsi aujourd'hui reconnu que ces radicaux libres interviennent au niveau de
l'athérosclérose, les maladies cardiovasculaires, la cirrhose du foie, le diabète, la
formation de cataracte, dans un certain nombre de maladies neurologiques incluant la
maladie de Parkinson et l'ischémie cérébrale, au niveau de la trisomie 21, ainsi que
dans le processus de vieillissement. Enfin, l'anion superoxyde semble également être
impliqué dans la pathogénèse de l'hypertension pulmonaire induite par TNF (Tumor
Necrosis Factor).

La présente invention a précisément pour objet de proposer un moyen pour
suppléer à ce type de déficience des mécanismes de régulation naturels et ceci en
intervenant plus particulièrement au niveau de l'activité de la superoxyde dismutase.

Comme explicité précédemment, la fonction principale de cette enzyme, chez les mammifères, est de détruire les radicaux superoxydes qui sont générés lors des diverses réactions biologiques d'oxydoréduction. Cette enzyme est par conséquent particulièrement importante puisqu'elle procure une défense contre les toxicités à l'oxygène et tout dommage pouvant être causé aux cellules par des hydrocarbures carcinogènes.

La superoxyde dismutase est en fait une variété de différentes enzymes présentes chez la plupart des êtres vivants. Il existe trois formes de SOD, avec des distributions distinctes et caractérisées chacune par la nature de leur composant métal: la CuZnSOD intracellulaire spécifique des eucaryotes, la MnSOD dépendante du manganèse et produite au niveau des mitochondries chez les eucaryotes et procaryotes (Creagan R. et al. Humangenetic 20 203-209 1973) et la FeSOD, dépendante du fer, cytosolique et présente essentiellement chez les procaryotes (Hendrickson D et al. Genomics 8, 736-738 1990). Il existe également une SOD à cuivre et zinc extracellulaire.

La CuZn superoxyde dismutase intracellulaire, dite SOD1, constitue approximativement 85 à 90% de la totalité de l'activité SOD cellulaire. Il s'agit d'une protéine dimère, composée apparemment de deux sous-unités identiques, liées de manière non covalente, chacune d'entre-elles ayant un poids moléculaire de l'ordre de 16.000 à 19.000 (Lieman-Hurwitz J. et al; Biochem Int. 3:107-115, 1981). Le locus pour la superoxyde dismutase cytoplasmique humaine se trouve sur le chromosome 21. (Tan Y.H. et al. J. Exp. Med. 137: 317-330, 1973).

Normalement, la CuZn superoxyde dismutase endogène est présente dans les tissus dans des quantités limitées et lorsque des quantités importantes en anions superoxyde sont produites, sa concentration s'avère nettement insuffisante.

Par ailleurs, il a récemment été démontré que des mutations ponctuelles au niveau du gène CuZnSOD humain étaient associées au développement d'une pathologie, la sclérose latérale amyotrophique (ALS). Cette maladie grave se traduit par une dégénérescence léthale des neurones moteurs dans le cerveau et la moelle épinière. Ces mutations affectent l'activité de l'enzyme correspondante CuZnSOD (Deng H. X. et al, Science, 261, 1047 1993).

Il y a donc aujourd'hui un besoin en CuZnSOD exogène pour des administrations cliniques afin de suppléer à de telles carences ou anomalies.

Inversement, sous certaines conditions, une concentration trop élevée en SOD peut être toxique à l'égard des cellules la produisant. La SOD est une enzyme de

protection assurant normalement un niveau minimal en radicaux superoxyde au sein de la cellule. Pour ce faire, elle catalyse l'interaction de radicaux libres en vue d'en oxyder un et de réduire l'autre, soit une réaction de dismutation, qui conduit à la formation d'eau oxygénée. En soit, le radical superoxyde n'est pas particulièrement toxique. Le danger vient de sa capacité à interagir avec l'eau oxygénée pour générer de l'oxygène singulet et des radicaux hydroxyle, deux formes hautement réactives et extrêmement toxiques de l'oxygène. Une quantité accrue en superoxyde dismutase peut donc conduire à une production accrue en eau oxygénée avec les conséquences explicitées précédemment. Ce phénomène se traduit notamment physiologiquement par une augmentation de la lipoperoxydation avec diminution de la teneur en acide gras insaturés des membranes cellulaires et pour conséquence principale une perturbation des fonctions membranaires.

Dans ce dernier cas, il serait donc avantageux de pouvoir réguler l'activité de la superoxyde dismutase soit par exemple à l'aide d'antisens ou de mutants dominants négatifs.

Le potentiel clinique de l'enzyme superoxyde dismutase est par conséquent considérable et il serait particulièrement important de pouvoir contrôler efficacement son activité soit en la stimulant, la réprimant ou en y suppléant.

Plus précisément, la présente invention réside dans la mise au point de vecteurs particulièrement efficaces pour délivrer in vivo et de manière localisée, des quantités thérapeutiquement actives du gène spécifique codant pour une superoxyde dismutase ou l'un de ses dérivés.

Dans la demande copendante n° PCT/EP93/02519, il a été montré que les adénovirus pouvaient être utilisés comme vecteur pour le transfert d'un gène étranger in vivo dans le système nerveux et l'expression de la protéine correspondante.

La présente invention concerne plus particulièrement des constructions nouvelles, particulièrement adaptées et efficaces pour contrôler l'expression de la superoxyde dismutase.

Plus précisément, elle se rapporte à un adénovirus recombinant comprenant une séquence d'ADN propre à contrôler l'expression de la superoxyde dismutase, sa préparation et son utilisation pour des traitements thérapeutiques et/ou la prévention de diverses pathologies.

La demanderesse a ainsi mis en évidence qu'il est possible de construire des adénovirus recombinants contenant une séquence codant pour une superoxyde

dismutase, d'administrer ces adénovirus recombinants in vivo, et que cette administration permet une expression stable et localisée de quantités thérapeutiquement actives de la superoxyde dismutase in vivo.

Un premier objet de l'invention réside donc dans un adénovirus recombinant
5 défectif comprenant au moins une séquence d'ADN codant pour tout ou une partie active d'une superoxyde dismutase ou l'un de ses dérivés.

La superoxyde dismutase produite dans le cadre de la présente invention peut être une superoxyde dismutase humaine ou animale. Selon un mode de réalisation privilégié de l'invention, il s'agit de l'une des trois formes de la superoxyde dismutase
10 humaine précédemment décrites, CuZnSOD (SOD₁), MnSOD (SOD₂) et SOD extracellulaire (SOD₃). Plus préférentiellement, la séquence d'ADN intégrée dans l'adénovirus selon l'invention code pour tout ou une partie active de la CuZn superoxyde dismutase humaine intracellulaire, hSOD1, ou l'un de ses dérivés.

15 La séquence d'ADN codant pour la superoxyde dismutase, utilisée dans le cadre de la présente invention peut être un ADNc, un ADN génomique (ADNg), ou une construction hybride consistant par exemple en un ADNc dans lequel seraient insérés un ou plusieurs introns. Il peut également s'agir de séquences synthétiques ou semisynthétiques.

20 De manière particulièrement avantageuse, on utilise un ADNc ou un ADNg.

Selon un mode préféré de l'invention, il s'agit une séquence d'ADN génomique (ADNg) codant pour une superoxyde dismutase. Son utilisation peut permettre une meilleure expression dans les cellules humaines.

25 Bien entendu, préalablement à son incorporation dans un vecteur adénovirus selon l'invention, la séquence d'ADN peut être avantageusement modifiée, par exemple par mutagénèse dirigée, en particulier pour l'insertion de sites de restriction appropriés. Les séquences décrites dans l'art antérieur ne sont en effet pas construites pour une utilisation selon l'invention, et des adaptations préalables peuvent s'avérer nécessaires, pour obtenir des expressions importantes.

30 Au sens de la présente invention, on entend par dérivé de la superoxyde dismutase, toute séquence obtenue par modification et codant pour un produit conservant l'une au moins des propriétés biologiques de la superoxyde dismutase. Par modification, on doit entendre toute mutation, substitution, délétion, addition ou

modification de nature génétique et/ou chimique. Ces modifications peuvent être réalisées par les techniques connues de l'homme du métier (voir techniques générales de biologie moléculaire ci-après). Les dérivés au sens de l'invention peuvent également être obtenus par hybridation à partir de banques d'acides nucléiques, en utilisant
5 comme sonde la séquence native ou un fragment de celle-ci.

Ces dérivés sont notamment des molécules ayant une plus grande affinité pour leurs sites de fixation, des séquences permettant une expression améliorée in vivo, des molécules présentant une plus grande résistance aux protéases, des molécules ayant une efficacité thérapeutique plus grande ou des effets secondaires moindres, ou
10 éventuellement de nouvelles propriétés biologiques.

Parmi les dérivés préférés, on peut citer plus particulièrement les variants naturels, les molécules dans lesquelles un ou plusieurs résidus ont été substitués, les dérivés obtenus par délétion de régions n'intervenant pas ou peu dans l'interaction avec les sites de liaison considérés ou exprimant une activité indésirable, et les dérivés
15 comportant par rapport à la séquence native des résidus supplémentaires, tels que par exemple un signal de sécrétion et/ou un peptide de jonction.

Par dérivé de la superoxyde dismutase on entend également couvrir dans le cadre de la présente invention, les mutants dits dominants négatifs de la superoxyde
20 dismutase. Plus précisément, dans ce cas, le gène cloné est altéré de manière à ce qu'il code pour un produit mutant capable d'inhiber l'activité cellulaire de la superoxyde dismutase sauvage. Ce type de dérivé est particulièrement intéressant lorsque l'on cherche par exemple à réprimer une surexpression naturelle de la superoxyde dismutase.

La séquence d'ADN, codant pour tout ou partie de la superoxyde dismutase ou l'un de ses dérivés, peut également être une séquence antisens, dont l'expression dans la cellule cible permet de contrôler l'expression de la superoxyde dismutase. Préférentiellement, la séquence d'ADN hétérologue comporte un gène codant pour un
25 ARN antisens capable de contrôler la traduction de l'ARNm correspondant. La séquence antisens peut être tout ou seulement une partie de la séquence d'ADN, codant pour la superoxyde dismutase, insérée dans l'orientation inverse dans le vecteur
30 selon l'invention.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la séquence d'ADN, codant pour la superoxyde dismutase ou l'un de ses dérivés, intègre également un

signal de sécrétion permettant de diriger la superoxyde dismutase synthétisée dans les voies de sécrétion des cellules infectées. De cette manière, la superoxyde dismutase synthétisée est avantageusement libérée dans les compartiments extracellulaires. Toutefois, il peut également s'agir d'un signal de sécrétion hétérologue ou même
5 artificiel. Dans le cas particulier de la forme SOD₃, le signal de sécrétion peut être avantageusement le propre signal de SOD₃.

Avantageusement, la séquence codant pour la superoxyde dismutase est placée sous le contrôle de signaux permettant son expression dans les cellules cibles. Préférentiellement, il s'agit de signaux d'expression hétérologues, c'est-à-dire de
10 signaux différents de ceux naturellement responsables de l'expression de la superoxyde dismutase. Il peut s'agir en particulier de séquences responsables de l'expression d'autres protéines, ou de séquences synthétiques. Notamment, il peut s'agir de séquences promotrices de gènes eucaryotes ou viraux. Par exemple, il peut s'agir de séquences promotrices issues du génome de la cellule que l'on désire infecter. De
15 même, il peut s'agir de séquences promotrices issues du génome d'un virus, y compris l'adénovirus utilisé. A cet égard, on peut citer par exemple les promoteurs E1A, MLP, CMV, LTR-RSV, etc. En outre, ces séquences d'expression peuvent être modifiées par addition de séquences d'activation, de régulation, ou permettant une expression tissu-spécifique. Il peut en effet être particulièrement intéressant d'utiliser des signaux
20 d'expression actifs spécifiquement ou majoritairement dans les cellules cibles, de manière à ce que la séquence d'ADN ne soit exprimée et ne produise son effet que lorsque le virus a effectivement infecté une cellule cible.

Dans un premier mode de réalisation particulier, l'invention concerne un adénovirus recombinant défectif comprenant une séquence d'ADNc codant pour la
25 CuZn superoxyde dismutase humaine intracellulaire sous le contrôle du promoteur LTR-RSV.

Dans un autre mode de réalisation particulier, l'invention concerne un adénovirus recombinant défectif comprenant une séquence d'ADNg codant pour la
30 CuZn superoxyde dismutase humaine intracellulaire sous le contrôle du promoteur LTR-RSV.

Un mode particulièrement préféré de mise en oeuvre de la présente invention réside dans un adénovirus recombinant défectif comprenant les séquences ITR, une séquence permettant l'encapsidation, une séquence d'ADN codant pour la CuZn superoxyde dismutase humaine intracellulaire ou un dérivé de celle-ci sous le contrôle

d'un promoteur permettant une expression majoritaire dans les tissus cibles et dans lequel le gène E1 et au moins un des gènes E2, E4, L1-L5 est non fonctionnel.

Les adénovirus défectifs selon l'invention sont des adénovirus incapables de se répliquer de façon autonome dans la cellule cible. Généralement, le génome des adénovirus défectifs utilisés dans le cadre de la présente invention est donc dépourvu au moins des séquences nécessaires à la réplication dudit virus dans la cellule infectée. Ces régions peuvent être soit éliminées (en tout ou en partie), soit rendues non-fonctionnelles, soit substituées par d'autres séquences et notamment par la séquence d'ADN codant pour la superoxyde dismutase.

Préférentiellement, le virus défectif de l'invention conserve les séquences de son génome qui sont nécessaires à l'encapsidation des particules virales. Encore plus préférentiellement, comme indiqué ci-avant, le génome du virus recombinant défectif selon l'invention comprend les séquences ITR, une séquence permettant l'encapsidation, le gène E1 non fonctionnel et au moins un des gènes E2, E4, L1-L5 non fonctionnel.

Il existe différents sérotypes d'adénovirus, dont la structure et les propriétés varient quelque peu. Parmi ces sérotypes, on préfère utiliser dans le cadre de la présente invention les adénovirus humains de type 2 ou 5 (Ad 2 ou Ad 5) ou les adénovirus d'origine animale (voir demande FR 93 05954). Parmi les adénovirus d'origine animale utilisables dans le cadre de la présente invention on peut citer les adénovirus d'origine canine, bovine, murine, (exemple : Mav1, Beard et al., Virology 75 (1990) 81), ovine, porcine, aviaire ou encore simienne (exemple : SAV). De préférence, l'adénovirus d'origine animale est un adénovirus canin, plus préférentiellement un adénovirus CAV2 [souche manhattan ou A26/61 (ATCC VR-800) par exemple]. De préférence, on utilise dans le cadre de l'invention des adénovirus d'origine humaine ou canine ou mixte.

Les adénovirus recombinants défectifs selon l'invention peuvent être préparés par toute technique connue de l'homme du métier (Levrero et al., Gene 101 (1991) 195, EP 185 573; Graham, EMBO J. 3 (1984) 2917). En particulier, ils peuvent être préparés par recombinaison homologue entre un adénovirus et un plasmide portant entre autre la séquence d'ADN codant pour la superoxyde dismutase. La recombinaison homologue se produit après co-transfection desdits adénovirus et plasmide dans une lignée cellulaire appropriée. La lignée cellulaire utilisée doit de préférence (i) être transformable par lesdits éléments, et (ii), comporter les séquences

capables de compléter la partie du génome de l'adénovirus défectif, de préférence sous forme intégrée pour éviter les risques de recombinaison. A titre d'exemple de lignée, on peut mentionner la lignée de rein embryonnaire humain 293 (Graham et al., J. Gen. Virol. 36 (1977) 59) qui contient notamment, intégrée dans son génome, la
5 partie gauche du génome d'un adénovirus Ad5 (12 %). Des stratégies de construction de vecteurs dérivés des adénovirus ont également été décrites dans les demandes n° FR 93 05954 et FR 93 08596 qui sont incorporées à la présente demande par référence.

Ensuite, les adénovirus qui se sont multipliés sont récupérés et purifiés selon
10 les techniques classiques de biologie moléculaire.

Les propriétés particulièrement avantageuses des vecteurs de l'invention découlent notamment de la construction utilisée (adénovirus défectif, délété de certaines régions virales), du promoteur utilisé pour l'expression de la séquence codant pour la superoxyde dismutase (promoteur viral ou tissu-spécifique de préférence), et
15 des méthodes d'administration dudit vecteur, permettant l'expression efficace et dans les tissus appropriés de la superoxyde dismutase.

La présente invention concerne également toute utilisation d'un adénovirus tel que décrit ci-dessus pour la préparation d'une composition pharmaceutique destinée au traitement et/ou à la prévention des pathologies précédemment citées. Plus
20 particulièrement, elle concerne toute utilisation de ces adénovirus pour la préparation d'une composition pharmaceutique destinée au traitement et/ou à la prévention des maladies neurodégénératives comme par exemple la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, la sclérose latérale amyotrophique (ALS), et la trisomie 21. Ils peuvent être également avantageusement utilisés dans le traitement de l'athérosclérose, des
25 maladies cardiovasculaires, de la cirrhose du foie, du diabète, de la formation de cataracte ainsi que du processus de vieillissement.

On peut en outre, parfaitement envisager de procéder à une administration conjointe d'un adénovirus selon l'invention avec au moins un second adénovirus comportant un gène codant pour la catalase (P. Amstad et al. Biochemistry 1991, 30,
30 9305-9313), autre enzyme importante dans la régulation de la production en radicaux libres.

La présente invention concerne également une composition pharmaceutique comprenant au moins un ou plusieurs adénovirus recombinants défectifs tels que

décrits précédemment, associé, le cas échéant, à un adénovirus recombinant comportant un gène codant pour la catalase..

Ces compositions pharmaceutiques peuvent être formulées en vue d'administrations par voie topique, orale, parentérale, intranasale, intraveineuse, intramusculaire, sous-
5 cutanée, intraoculaire, transdermique, etc. De préférence, les compositions pharmaceutiques de l'invention contiennent un véhicule pharmaceutiquement acceptable pour une formulation injectable, notamment pour une injection directe chez le patient. Il peut s'agir en particulier de solutions stériles, isotoniques, ou de compositions sèches, notamment lyophilisées, qui, par addition selon le cas d'eau
10 stérilisée ou de sérum physiologique, permettent la constitution de solutés injectables.

A cet égard, l'invention concerne également une méthode de traitement des maladies neurodégénératives comprenant l'administration à un patient d'un adénovirus recombinant tel que défini ci-avant. Plus particulièrement, l'invention concerne une méthode de traitement des maladies neurodégénératives comprenant l'administration
15 stéréotaxique d'un adénovirus recombinant tel que défini ci-avant.

Les doses d'adénovirus recombinant défectif utilisées pour l'injection peuvent être adaptées en fonction de différents paramètres, et notamment en fonction du mode d'administration utilisé, de la pathologie concernée ou encore de la durée du traitement recherchée. D'une manière générale, les adénovirus recombinants selon l'invention sont
20 formulés et administrés sous forme de doses comprises entre 10^4 et 10^{14} pfu/ml, et de préférence 10^6 à 10^{10} pfu/ml. Le terme pfu ("plaque forming unit") correspond au pouvoir infectieux d'une solution de virus, et est déterminé par infection d'une culture cellulaire appropriée, puis mesure, généralement après 48 heures, du nombre de plages de cellules infectées. Les techniques de détermination du titre pfu d'une solution virale
25 sont bien documentées dans la littérature.

Un autre objet de l'invention concerne toute cellule de mammifère infectée par un ou plusieurs adénovirus recombinants défectifs tels que décrits ci-dessus. Plus particulièrement, l'invention concerne toute population de cellules humaines infectée par ces adénovirus. Il peut s'agir en particulier de fibroblastes, myoblastes,
30 hépatocytes, kératinocytes, cellules endothéliales, cellules Gliales, etc.

Les cellules selon l'invention peuvent être issues de cultures primaires. Celles-ci peuvent être prélevées par toute technique connue de l'homme du métier, puis mises en culture dans des conditions permettant leur prolifération. S'agissant plus particulièrement de fibroblastes, ceux-ci peuvent être aisément obtenus à partir de

biopsies, par exemple selon la technique décrite par Ham [Methods Cell.Biol. 21a (1980) 255]. Ces cellules peuvent être utilisées directement pour l'infection par les adénovirus, ou conservées, par exemple par congélation, pour l'établissement de banques autologues, en vue d'une utilisation ultérieure. Les cellules selon l'invention
5 peuvent également être des cultures secondaires, obtenues par exemple à partir de banques préétablies.

Les cellules en culture sont ensuite infectées par des adénovirus recombinants, pour leur conférer la capacité de produire de la superoxyde dismutase. L'infection est réalisée in vitro selon des techniques connues de l'homme du métier. En
10 particulier, selon le type de cellules utilisé et le nombre de copies de virus par cellule désiré, l'homme du métier peut adapter la multiplicité d'infection. Il est bien entendu que ces étapes doivent être effectuées dans des conditions de stérilité appropriées lorsque les cellules sont destinées à une administration in vivo. Les doses d'adénovirus recombinant utilisées pour l'infection des cellules peuvent être adaptées par l'homme
15 du métier selon le but recherché. Les conditions décrites ci-avant pour l'administration in vivo peuvent être appliquées à l'infection in vitro.

Un autre objet de l'invention concerne un implant comprenant des cellules mamifère infectées par un ou plusieurs adénovirus recombinants défectifs telles que décrites ci-dessus, et une matrice extracellulaire. Préférentiellement, les implants selon
20 l'invention comprennent 10^5 à 10^{10} cellules. Plus préférentiellement, ils en comprennent 10^6 à 10^8 .

Plus particulièrement, dans les implants de l'invention, la matrice extracellulaire comprend un composé gélifiant et éventuellement un support permettant l'ancrage des cellules.

25 Pour la préparation des implants selon l'invention, différents types de gélifiants peuvent être employés. Les gélifiants sont utilisés pour l'inclusion des cellules dans une matrice ayant la constitution d'un gel, et pour favoriser l'ancrage des cellules sur le support, le cas échéant. Différents agents d'adhésion cellulaire peuvent donc être utilisés comme gélifiants, tels que notamment le collagène, la gélatine, les
30 glycosaminoglycans, la fibronectine, les lectines, l'agarose etc.

Comme indiqué ci-avant, les compositions selon l'invention comprennent avantageusement un support permettant l'ancrage des cellules. Le terme ancrage désigne toute forme d'interaction biologique t/ou chimique et/ou physique entraînant l'adhésion et/ou la fixation des cellules sur le support. Par ailleurs, les cellules peuvent

soit recouvrir le support utilisé, soit pénétrer à l'intérieur de ce support, soit les deux. On préfère utiliser dans le cadre de l'invention un support solide, non toxique et/ou bio-compatible. En particulier, on peut utiliser des fibres de polytétrafluoroéthylène (PTFE) ou un support d'origine biologique.

5 Les implants selon l'invention peuvent être implantés en différents sites de l'organisme. En particulier, l'implantation peut être effectuée au niveau de la cavité péritonéale, dans le tissu sous-cutané (région sus-pubienne, fosses iliaques ou inguinales, etc), dans un organe, un muscle, une tumeur, le système nerveux central, ou encore sous une muqueuse. Les implants selon l'invention sont particulièrement
10 avantageux en ce sens qu'ils permettent de contrôler la libération du produit thérapeutique dans l'organisme : Celle-ci est tout d'abord déterminée par la multiplicité d'infection et par le nombre de cellules implantées. Ensuite, la libération peut être contrôlée soit par le retrait de l'implant, ce qui arrête définitivement le traitement, soit par l'utilisation de systèmes d'expression régulable, permettant d'induire ou de réprimer
15 l'expression des gènes thérapeutiques.

La présente invention fournit ainsi des vecteurs viraux utilisables directement en thérapie génique, particulièrement adaptés et efficaces pour diriger l'expression de la superoxyde dismutase in vivo. La présente invention offre ainsi une nouvelle
20 approche particulièrement avantageuse pour le traitement et/ou la prévention de nombreuses pathologies comme celles citées précédemment.

Les vecteurs adénoviraux selon l'invention présentent en outre des avantages importants, liés notamment à leur très haute efficacité d'infection des cellules cibles, permettant de réaliser des infections à partir de faibles volumes de suspension virale. De plus, l'infection par les adénovirus de l'invention est très localisée au site d'injection,
25 ce qui évite les risques de diffusion aux structures cérébrales voisines. Ce traitement peut concerner aussi bien l'homme que tout animal tel que les ovins, les bovins, les murins, les animaux domestiques (chiens, chats, etc), les chevaux, les poissons, etc.

Les exemples et la figure sont présentés ci-après à titre illustratif et non limitatif du domaine de l'invention.

30 Figure 1 : Activité enzymatique de la CuZnSOD humaine (hSOD-1) sur cellules NS20Y infectées par un adénovirus recombinant codant pour la hSOD-1 (0 à 500 pfu/cellule).

Techniques générales de biologie moléculaire

Les méthodes classiquement utilisées en biologie moléculaire telles que les extractions préparatives d'ADN plasmidique, la centrifugation d'ADN plasmidique en gradient de chlorure de césium, l'électrophorèse sur gels d'agarose ou d'acrylamide, la
5 purification de fragments d'ADN par électroélution, les extraction de protéines au phénol ou au phénol-chloroforme, la précipitation d'ADN en milieu salin par de l'éthanol ou de l'isopropanol, la transformation dans *Escherichia coli*, etc ... sont bien connues de l'homme de métier et sont abondamment décrites dans la littérature [Maniatis T. et al., "Molecular Cloning, a Laboratory Manual", Cold Spring Harbor Laboratory,
10 Cold Spring Harbor, N.Y., 1982; Ausubel F.M. et al. (eds), "Current Protocols in Molecular Biology", John Wiley & Sons, New York, 1987].

Les plasmides de type pBR322, pUC et les phages de la série M13 sont d'origine commerciale (Bethesda Research Laboratories).

Pour les ligatures, les fragments d'ADN peuvent être séparés selon leur taille
15 par électrophorèse en gels d'agarose ou d'acrylamide, extraits au phénol ou par un mélange phénol/chloroforme, précipités à l'éthanol puis incubés en présence de l'ADN ligase du phage T4 (Biolabs) selon les recommandations du fournisseur.

Le remplissage des extrémités 5' proéminentes peut être effectué par le fragment de Klenow de l'ADN Polymérase I d'*E. coli* (Biolabs) selon les spécifications
20 du fournisseur. La destruction des extrémités 3' proéminentes est effectuée en présence de l'ADN Polymérase du phage T4 (Biolabs) utilisée selon les recommandations du fabricant. La destruction des extrémités 5' proéminentes est effectuée par un traitement ménagé par la nucléase S1.

La mutagenèse dirigée in vitro par oligodéoxynucléotides synthétiques peut
25 être effectuée selon la méthode développée par Taylor et al. [Nucleic Acids Res. 13 (1985) 8749-8764] en utilisant le kit distribué par Amersham.

L'amplification enzymatique de fragments d'ADN par la technique dite de PCR [Polymérase-catalyzed Chain Reaction, Saiki R.K. et al., Science 230 (1985) 1350-1354; Mullis K.B. et Faloona F.A., Meth. Enzym. 155 (1987) 335-350] peut être
30 effectuée en utilisant un "DNA thermal cycler" (Perkin Elmer Cetus) selon les spécifications du fabricant.

La vérification des séquences nucléotidiques peut être effectuée par la méthode développée par Sanger et al. [Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 74 (1977) 5463-5467] en utilisant le kit distribué par Amersham.

Exemples**Exemple 1 : Protocole de construction des vecteurs pLTRIX-hSOD1, pLTRIX-hSOD1 Gly37, et pLTRIX-hSOD1Asn139**

5 Ces vecteurs contiennent les séquences codant pour la SOD1 humaine type sauvage ou mutée sous contrôle du LTR du virus RSV, ainsi que des séquences de l'adénovirus permettant la recombinaison *in vivo*.

Les ADNc codant pour les différents types de SOD mis en oeuvre sont décrits dans Rosen et al., Nature, vol. 362, 52-62, et Deng et al., Science, vol. 261, 1047-1051.

10 Chaque ADNc est inséré dans un plasmide Bluescript (Stratagène) entre les sites PstI et HindIII. Une séquence de polyadénylation provenant de SV40 a auparavant été introduite dans le site XhoI du même plasmide. Ces plasmides ont pour nom SK-hSOD-PolyA, SK-hSODgly-PolyA et SK-hSODasn-PolyA.

15 Les vecteurs pLTRIX-hSOD1, pLTRIX-hSOD1gly et pLTRIX-hSOD1 sont obtenus en introduisant dans le site EcoRV du plasmide pLTRIX un insert obtenu par coupure de SK-hSOD-PolyA, SK-hSODgly-PolyA et SK-hSODasn-PolyA par KpnI et SacI (extrémités KpnI et SacI rendues franches).

Exemple 2 : Construction d'adénovirus recombinants contenant une séquence codant pour la CuZn superoxyde dismutase intracellulaire humaine.

20 Le vecteur pLTR IX-hSOD1 est linéarisé et cotransfecté avec un vecteur adénoviral déficient, dans les cellules helper (lignée 293) apportant en trans les fonctions codées par les régions E1 (E1A et E1B) d'adénovirus.

25 Plus précisément, l'adénovirus Ad-hSOD1 a été obtenu par recombinaison homologue *in vivo* entre l'adénovirus mutant Ad-dl1324 (Thimmappaya et al., Cell 31 (1982) 543) et le vecteur pLTR IX-hSOD1, selon le protocole suivant : le plasmide pLTR IX-hSOD1 et l'adénovirus Ad-dl1324, linéarisé par l'enzyme ClaI, ont été co-transfectés dans la lignée 293 en présence de phosphate de calcium, pour permettre la recombinaison homologue. Les adénovirus recombinants ainsi générés ont été sélectionnés par purification sur plaque. Après isolement, l'ADN de l'adénovirus 30 recombinant a été amplifié dans la lignée cellulaire 293, ce qui conduit à un surnageant de culture contenant l'adénovirus défectif recombinant non purifié ayant un titre d'environ 10^{10} pfu/ml.

Les particules virales sont ensuite purifiées par centrifugation sur gradient.

Exemple 3 : Contrôle de l'expression in vitro de la hSOD-1.

Pour ce faire, on utilise le protocole décrit par Beauchamp et Fridovitch, 1971, Ann-Biochem, Vol.44, pp.276-278.

- 5 Dans chaque cas, un extrait NP-40 est réalisé à partir de 500.000 cellules NS2OY (neuroblastomes de souris), chargé sur gel d'acrylamide non dénaturant, et une électrophorèse est réalisée pendant 3 heures à 100 V.

- 10 La superoxyde dismutase est localisée en trempant le gel dans une solution de nitrobleu de tétrazolium (NBT) et de riboflavine puis dans une solution de tétraméthyléthylènediamine (TEMED). Le gel est ensuite illuminé, et devient ainsi uniformément bleu excepté aux positions contenant la superoxyde dismutase, (la riboflavine réduite en présence de TEMED génère des radicaux superoxyde après reoxydation à l'air. Les radicaux superoxyde produits vont réduire le NBT incolore en un composé bleu (formazan). La SOD, en neutralisant les radicaux superoxyde
- 15 produits, inhibera la réaction colorée, et apparaîtra comme un spot incolore).

REVENDICATIONS

1. Adénovirus recombinant défectif comprenant au moins une séquence d'ADN codant pour tout ou une partie active d'une superoxyde dismutase ou l'un de ses dérivés.
5
2. Adénovirus selon la revendication 1 caractérisé en ce que la séquence d'ADN est une séquence d'ADNc.
3. Adénovirus selon la revendication 1 caractérisé en ce que la séquence d'ADN est une séquence d'ADNg.
4. Adénovirus selon la revendication 1, 2 ou 3 caractérisé en ce que la séquence d'ADN code pour une superoxyde dismutase humaine.
10
5. Adénovirus selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la séquence d'ADN code pour la CuZn superoxyde dismutase humaine intracellulaire, SOD1 ou l'un de ses dérivés.
6. Adénovirus selon l'une des revendication 1 à 3 caractérisé en ce que la séquence d'ADN code pour un mutant dominant négatif d'une superoxyde dismutase humaine.
15
7. Adénovirus selon la revendication 1 caractérisé en ce que la séquence d'ADN est une séquence antisens dont l'expression permet de contrôler l'expression du gène codant pour la superoxyde dismutase.
20
8. Adénovirus selon la revendication 7 caractérisé en ce qu'il s'agit d'un gène codant pour un ARN antisens capable de contrôler la traduction de l'ARNm de la superoxyde dismutase.
9. Adénovirus selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que la séquence d'ADN est placée sous le contrôle de signaux permettant son expression dans les cellules cibles.
25
10. Adénovirus selon la revendication 9 caractérisé en ce que les signaux d'expression sont choisis parmi les promoteurs viraux, de préférence parmi les promoteurs E1A, MLP, CMV et LTR-RSV.

11. Adénovirus selon la revendication 10 comprenant une séquence d'ADNg codant pour la CuZn superoxyde dismutase intracellulaire humaine sous le contrôle d'un promoteur LTR-RSV.
12. Adénovirus selon la revendication 10 comprenant une séquence d'ADNg
5 codant pour la CuZn superoxyde dismutase intracellulaire humaine sous le contrôle d'un promoteur LTR-RSV.
13. Adénovirus selon l'une des revendications 1 à 12 caractérisé en ce qu'il est dépourvu des régions de son génome qui sont nécessaires à sa réplication dans la cellule cible.
- 10 14. Adénovirus selon la revendication 13 caractérisé en ce qu'il comprend les ITR et une séquence permettant l'encapsidation, et dans lequel le gène E1 et au moins un des gènes E2, E4, L1-L5 sont non fonctionnels.
15. Adénovirus selon la revendication 13 ou 14 caractérisé en ce qu'il s'agit d'un adénovirus humain de type Ad 2 ou Ad 5 ou canin de type CAV-2.
- 15 16. Utilisation d'un adénovirus selon l'une des revendications 1 à 15 pour la préparation d'une composition pharmaceutique destinée au traitement et/ou à la prévention des maladies neurodégénératives.
17. Utilisation selon la revendication 16 pour la préparation d'une composition pharmaceutique destinée au traitement et/ou à la prévention de la maladie
20 de Parkinson, d'Alzheimer, de Huntington, de l'ALS, de la trisomie 21.
18. Composition pharmaceutique comprenant un ou plusieurs adénovirus recombinants défectifs selon l'une des revendications 1 à 15.
19. Composition pharmaceutique selon la revendication 18 caractérisée en ce qu'elle contient en outre un adénovirus comportant un gène codant pour la catalase.
- 25 20. Composition pharmaceutique selon l'une des revendications 18 à 19 caractérisée en ce qu'elle est sous forme injectable.
21. Composition pharmaceutique selon l'une des revendications 18 à 20 caractérisée en ce qu'elle comprend entre 10^4 et 10^{14} pfu/ml, et de préférence 10^6 à 10^{10} pfu/ml adénovirus recombinants défectifs.

22. Cellule de mammifère infectée par un ou plusieurs adénovirus recombinants défectifs selon l'une des revendications 1 à 15.

23. Cellule selon la revendication 22 caractérisée en ce qu'il s'agit d'une cellule humaine.

5 24. Cellule selon la revendication 23 caractérisée en ce qu'il s'agit d'une cellule humaine de type rétinienne, fibroblaste, myoblaste, hépatocyte, cellule endothéliale, cellule Gliales ou kératynocyte.

25. Implant comprenant des cellules infectées selon les revendications 22 à 24 et une matrice extracellulaire.

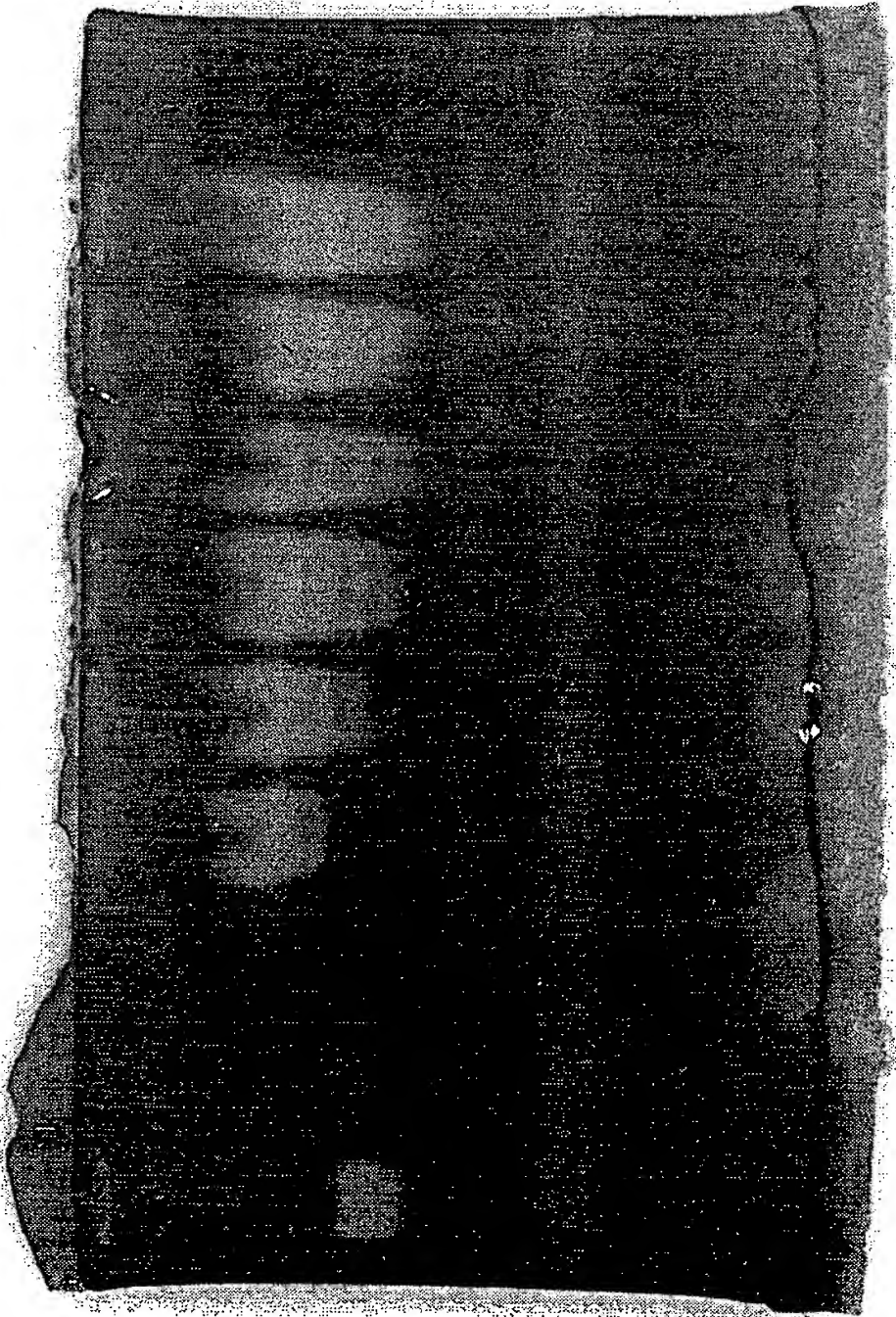
10 26. Implant selon la revendication 25 caractérisé en ce que la matrice extracellulaire comprend un composé gélifiant choisi de préférence parmi le collagène, la gélatine, les glucosaminoglycans, la fibronectine et les lectines.

15 27. Implant selon les revendications 25 ou 26 caractérisé en ce que la matrice extracellulaire comprend également un support permettant l'ancrage des cellules infectées.

28. Implant selon la revendication 27 caractérisé en ce que le support est constitué préférentiellement par des fibres de polytétrafluoroéthylène.

NS20Y infectés par AdSOD-1 (pfu/cellule)

0 50 100 200 300 500



— SOD Souris
— Hétérodimère
— SOD Humaine 1/1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 95/00854

| | | |
|---|---|--|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 C12N15/86 A61K48/00 C12N9/02 A61K38/43 | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 C12N A61K | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| Y | NUCLEIC ACIDS RESEARCH,
vol. 21, ARLINGTON, VIRGINIA US,
page 1607
ERZURUM SC ET AL 'PROTECTION OF HUMAN
ENDOTHELIAL-CELLS FROM OXIDANT INJURY BY
ADENOVIRUS-MEDIATED TRANSFER OF THE HUMAN
CATALASE CDNA'
see the whole document
--- | 1-29 |
| Y | BRAIN PATHOLOGY,
vol. 4,
page 3
AGUZZI A ET AL 'TRANSGENIC AND KNOCK-OUT
MICE - MODELS OF NEUROLOGICAL DISEASE'
see page 1, line 1 - page 7, left column,
paragraph 2

-/-- | 1-29 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. | | |
| * Special categories of cited documents :
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search

4 October 1995 | | Date of mailing of the international search report

17. 10. 95 |
| Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016 | | Authorized officer

Gurdjian, D |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Patent Application No

PCT/FR 95/00854

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y | EP,A,0 213 628 (YEDA RESEARCH AND
DEVELOPMENT CPY LTD.) 11 March 1987
see the whole document
--- | 1-29 |
| Y | SCIENCE.,
vol. 261, LANCASTER, PA US,
page 1047
H.X. DENG ET AL. 'AMYOTROPHIC LATERAL...'
cited in the application
see the whole document
--- | 6,17,18 |
| Y | MEDECINE/SCIENCE,
vol. 9,
page 208
O.DANOS ET AL. 'REEIMPLANTATION ...'
see the whole document
--- | 23-29 |
| A | EP,A,0 340 805 (CHIRON CORP.) 8 November
1989
see claims 1-14
--- | 5 |
| A | WO,A,90 06757 (UNIVERSITY OF CALIFORNIA)
28 June 1990
see the whole document
----- | 1,17,18 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 95/00854

| Patent document
cited in search report | Publication
date | Patent family
member(s) | Publication
date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP-A-0213628 | 11-03-87 | AU-B- 598746 | 05-07-90 |
| | | AU-B- 6219186 | 05-03-87 |
| | | JP-A- 62115277 | 26-05-87 |
| ----- | | | |
| EP-A-0340805 | 08-11-89 | DE-A- 3485284 | 02-01-92 |
| | | EP-A, B 0138111 | 24-04-85 |
| | | EP-A- 0656418 | 07-06-95 |
| | | IE-B- 59518 | 09-03-94 |
| | | IE-B- 59492 | 09-03-94 |
| | | JP-A- 6165674 | 14-06-94 |
| | | JP-A- 60137286 | 20-07-85 |
| | | JP-A- 5192140 | 03-08-93 |
| | | WO-A- 8501503 | 11-04-85 |
| | | US-A- 5066591 | 19-11-91 |
| | | US-A- 5252476 | 12-10-93 |
| ----- | | | |
| WO-A-9006757 | 28-06-90 | US-A- 5082670 | 21-01-92 |
| | | CA-A- 2005567 | 15-06-90 |
| | | EP-A- 0449948 | 09-10-91 |
| | | JP-T- 4503351 | 18-06-92 |
| ----- | | | |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dernière Internationale No
PCT/FR 95/00854

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 C12N15/86 A61K48/00 C12N9/02 A61K38/43

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 C12N A61K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|---|-------------------------------|
| Y | NUCLEIC ACIDS RESEARCH,
vol. 21, ARLINGTON, VIRGINIA US,
page 1607
ERZURUM SC ET AL 'PROTECTION OF HUMAN
ENDOTHELIAL-CELLS FROM OXIDANT INJURY BY
ADENOVIRUS-MEDIATED TRANSFER OF THE HUMAN
CATALASE CDNA'
voir le document en entier
--- | 1-29 |
| Y | BRAIN PATHOLOGY,
vol. 4,
page 3
AGUZZI A ET AL 'TRANSGENIC AND KNOCK-OUT
MICE - MODELS OF NEUROLOGICAL DISEASE'
voir page 1, ligne 1 - page 7, colonne de
gauche, alinéa 2

-/-- | 1-29 |

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

4 Octobre 1995

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17. 10. 95

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Gurdjian, D

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-----------|---|-------------------------------|
| Y | EP,A,0 213 628 (YEDA RESEARCH AND DEVELOPMENT CPY LTD.) 11 Mars 1987
voir le document en entier
--- | 1-29 |
| Y | SCIENCE.,
vol. 261, LANCASTER, PA US,
page 1047
H.X. DENG ET AL. 'AMYOTROPHIC LATERAL...'
cité dans la demande
voir le document en entier
--- | 6,17,18 |
| Y | MEDECINE/SCIENCE,
vol. 9,
page 208
O.DANOS ET AL. 'REEIMPLANTATION ...'
voir le document en entier
--- | 23-29 |
| A | EP,A,0 340 805 (CHIRON CORP.) 8 Novembre 1989
voir revendications 1-14
--- | 5 |
| A | WO,A,90 06757 (UNIVERSITY OF CALIFORNIA)
28 Juin 1990
voir le document en entier
----- | 1,17,18 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres des familles de brevets

Den. Internationale No

PCT/FR 95/00854

| Document brevet cité
au rapport de recherche | Date de
publication | Membre(s) de la
famille de brevet(s) | Date de
publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| EP-A-0213628 | 11-03-87 | AU-B- 598746 | 05-07-90 |
| | | AU-B- 6219186 | 05-03-87 |
| | | JP-A- 62115277 | 26-05-87 |
| ----- | | | |
| EP-A-0340805 | 08-11-89 | DE-A- 3485284 | 02-01-92 |
| | | EP-A, B 0138111 | 24-04-85 |
| | | EP-A- 0656418 | 07-06-95 |
| | | IE-B- 59518 | 09-03-94 |
| | | IE-B- 59492 | 09-03-94 |
| | | JP-A- 6165674 | 14-06-94 |
| | | JP-A- 60137286 | 20-07-85 |
| | | JP-A- 5192140 | 03-08-93 |
| | | WO-A- 8501503 | 11-04-85 |
| | | US-A- 5066591 | 19-11-91 |
| | | US-A- 5252476 | 12-10-93 |
| ----- | | | |
| WO-A-9006757 | 28-06-90 | US-A- 5082670 | 21-01-92 |
| | | CA-A- 2005567 | 15-06-90 |
| | | EP-A- 0449948 | 09-10-91 |
| | | JP-T- 4503351 | 18-06-92 |
| ----- | | | |



- - -

(
-
J

7
1